

Self-regulating propellor (airscrew)

Patent number: DE4316712
Publication date: 1994-11-24
Inventor: FISCHER THOMAS (DE)
Applicant: FISCHER THOMAS (DE)
Classification:
- **International:** B64C11/26; F03D1/06
- **European:** B64C11/30; F03D1/06C2; F03D7/02D
Application number: DE19934316712 19930519
Priority number(s): DE19934316712 19930519

[Report a data error here](#)

Abstract of DE4316712

In the case of the variable-pitch, self-regulating propellers according to the invention, a torsionally soft, tensionally stiff zone is arranged at the blade root such that a different thrust force produces a change in the profile incidence angle. This zone must be torsionally soft, tensionally stiff and have vibration-damping properties, which is achieved by means of fibre-composite material with an appropriate material selection and fibre arrangement.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 43 16 712 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁵:
B64 C 11/26
F 03 D 1/06

②1 Aktenzeichen: P 43 16 712.8
②2 Anmeldetag: 19. 5. 93
④3 Offenlegungstag: 24. 11. 94

DE 43 16 712 A 1

⑦1 Anmelder:
Fischer, Thomas, 84032 Altdorf, DE

⑦2 Erfinder:
gleich Anmelder

⑤4 Selbstregelnde Luftschraube

⑤7 Bei erfindungsgemäßen steigung-selbstregelnden Luftschrauben befindet sich am Blattfuß eine torsionsweiche zugsteife Zone so angeordnet, daß unterschiedliche Schubkraft eine Änderung des Profil-Einstellwinkels bewirkt. Diese Zone muß torsionsweich, zugsteif und schwingungsdämpfend sein, was durch Faserverbundwerkstoff mit entsprechender Materialwahl und Faseranordnung erreicht wird.

DE 43 16 712 A 1

Die Erfindung betrifft eine Luftschraube gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Eine in der Steigung veränderbare Luftschraube in der bekannten Ausführungsform, wobei die Luftschraubenblätter mit dem Blattfuß in der Luftschraubennabe drehbar gelagert sind und über z. B. mechanische, hydraulische oder elektrische Antriebe in der Steigung verstellt werden können, ermöglicht es gegenüber starren Luftschrauben trotz unterschiedlicher Strömungsbedingungen bei z. B. Start und Reiseflug, die Motorleistung immer voll auszunutzen und die Drehzahl konstant zu halten. Zu hohe Drehzahlen können vermieden werden, was den Lärmpegel senkt.

Diese Vorteile werden dadurch erkauft, daß solch eine Verstellluftschraube gegenüber Starrluftschrauben aufwendiger, teurer, schwerer und wartungsbedürftiger ist. Außerdem muß sie für den jeweiligen Betriebszustand richtig eingestellt werden, was zu Bedienungsfehlern (falsche Steigung) führen kann.

Bei einer weiteren bekannten Ausführungsform einer Luftschraube, deren Blätter keine verdrehbar gelagerten Fußzapfen haben, wobei aber durch die Sichelform der Blätter über die Schubkraft eine elastische Verdrehung und somit eine Anpassung der Steigung an den jeweiligen Betriebszustand erreicht werden soll, bereitet die Festigkeits- und Steifigkeits-Auslegung enorme Probleme, da Luftkräfte und Fliehkräfte infolge der geschwungenen Form zu kompliziert überlagerten Biege- und Torsionsspannungen in der Blattstruktur führen.

Ein normales gerade verlaufendes Luftschraubenblatt läßt sich dagegen leicht berechnen, da die Struktur exakt in Richtung der Fliehkraft verläuft.

Außerdem gibt es einen prinzipbedingten Nachteil der Sichelform: Das Blatt kann sich nur dort verdrehen, wo es torsionsweich ist, also nur im Bereich der dünnen Blattspitze. Weiter innen zur Nabe hin hat es einen steifen Querschnitt und verdreht sich kaum noch. Die Wirkung der automatischen Steigungsregelung ist also gering.

Dieser Nachteil wird bei einem bekannten Prinzip (nach Patent Nr. 498862 Reichspatent und Nr. 1202649 Dt. Patentamt) vermieden: In der Nähe des Blattfußes ist eine schräge Klappachse angebracht, die es ermöglicht, daß sich bei dem Luftschraubenblatt immer die Gleichgewichtslage aus Schubkraft und Fliehkraft einstellt, wobei hierdurch infolge der Schrägstellung der Klappachse gleichzeitig auch die Steigung im richtigen Sinne verändert wird, die Drehzahl bleibt bei allen Fluggeschwindigkeiten konstant, der Motor kann immer im optimalen Bereich betrieben werden. Die Struktur des gerade verlaufenden Luftschraubenblatts läßt sich leicht auslegen und berechnen.

Bei einer Luftschraube ergibt sich im Stand oder bei langsamer Fluggeschwindigkeit als Resultierende aus Fluggeschwindigkeit und Umfangsgeschwindigkeit ein großer Anstellwinkel des Profils, der Schub ist dementsprechend groß.

Bei hoher Fluggeschwindigkeit und ähnlicher Umfangsgeschwindigkeit wird der Profil-Anstellwinkel kleiner, der Schub ebenfalls. Der Schub am Luftschraubenblatt ist also eine ideale Größe, die bei unterschiedlichen Betriebszuständen zur Regelung der Luftschraube herangezogen werden kann.

Infolge der schräggestellten Klappachse bewirkt großer Schub eine kleine Steigung (= Langsamflug), kleiner Schub dagegen eine große Steigung (= Schnellflug). Die

Klappachse ist entweder als Scharnier mit Ösen und Zapfen oder aber als elastisches Metallblech ausgeführt. Solch eine Luftschraube erfüllt geometrisch die Anforderungen an eine steigung-selbstregelnde Luftschraube.

In der Praxis haben sich Luftschrauben mit schräggestellter Klappachse aber nicht durchgesetzt. Die Hauptursache dafür ist das mangelhafte Dämpfungsverhalten einer solchen Konstruktion. Zwar stellt sich das Blatt letztendlich immer in den Gleichgewichtszustand aus Schubkraft und Fliehkraft ein, bei jeder Veränderung von Drehzahl oder Fluggeschwindigkeit jedoch, auch bei Böen, pendelt es erst einmal infolge Massenträgheit. Es kommt zu nicht beherrschbaren Schwingungen oder gar Flattererscheinungen. Hydraulische oder andere zusätzliche Dämpfer, die man zur Dämpfung der Luftschraube anbrachte, führten wieder zu solch hoher Komplexität der Luftschraube, daß sie gegenüber den am Markt befindlichen Verstellluftschrauben gewichts- und kostenmäßig keine Vorteile mehr aufweisen konnte.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei einer Luftschraube die gewünschte selbständige Anpassung der Steigung an den jeweiligen Betriebszustand zu erreichen, ohne daß man mit aufwendigen schweren Dämpfern das System vor Schwingungen bewahren muß.

Diese Aufgabe ist gemäß den Kennzeichen des Patentanspruchs 1 gelöst.

Demnach erschöpft sich die Erfindung weder in einer mechanisch aufwendigen drehbaren Zapfenlagerung der Luftschraubenblätter, die durch Verstellen auf den jeweiligen Betriebszustand eingestellt werden müssen, noch in einer Lösung mit sichelförmigen Blättern, die uneffektiv arbeitet, noch in einer Anordnung mit schräggestellter Klappachse am Blattfuß, wobei durch die erforderlichen zusätzlichen Schwingungsdämpfer wiederum Kosten entstehen und das Gewicht erhöht wird.

Vielmehr wird an einem gerade verlaufenden Luftschraubenblatt anstelle einer schräggestellten Klappachse eine torsionsweiche Zone am Blattfuß als geschichtetem Faserverbundwerkstoff vorgesehen, die gleichzeitig die Fliehkraft aufnimmt, als schräggestehende Klappachse fungiert und eine hohe innere Dämpfung besitzt, was durch spezielle Faserausrichtung, Faserwerkstoffe und einen Stillstand-Konuswinkel bewirkt wird.

Die Erfindung nutzt die Tatsache, daß man mit modernen Faserverbundwerkstoffen, also z. B. Epoxid- oder Polyesterharzen verstärkt mit Carbon-, Aramid- oder Glasfasern, elastische Strukturen herstellen kann, die außerdem hohe Dämpfungseigenschaften besitzen.

Auch werden moderne Luftschraubenblätter heute sowieso aus Faserverbundwerkstoffen hergestellt, so daß der vorhandene Strukturwerkstoff nur in einem bestimmten Bereich für die Aufgabe der Steigungs-Selbstregelung ausgelegt werden muß. Eine gewünschte torsionsweiche, aber zugsteife Zone im Bereich des Blattfußes kann also bei der Herstellung der Luftschraube in einem Arbeitsgang mit hergestellt werden.

Die mechanischen Eigenschaften eines Faserverbund-Laminats werden hauptsächlich beeinflusst durch Faserwerkstoff, Matrixwerkstoff, Faserrichtung und Faseranteil.

Unter den gängigen Verstärkungsfasern haben die Aramidfasern (Kevlar) ausgezeichnete Struktur-dämpfungseigenschaften bei sehr hoher Zugfestigkeit. Bauteile, die Schwingungen dämpfen oder Schall schlucken

⇒ Vermehrung
separat
Dämpfung

sollen, wurden erfolgreich mit Aramidfasern verstärkt, wie z. B. Flugzeug-Fahrwerksschwingen oder Motor-aufhängungsteile bzw. Getriebegehäuse im KFZ-Bereich.

Neben dem Fasermaterial kann auch die Faserichtung und -anordnung eine Dämpfung begünstigen: Wenn nämlich die Fasern in einer Ebene gekreuzt verlaufen wie z. B. bei einem Leinwandgewebe, dann werden bei einer Belastung der Struktur die rechteckigen Harz-Zonen zwischen den Fasern zu Parallelogrammen verformt. Bei einer Zugbelastung z. B. werden die Harz-Zonen in Zugrichtung gelängt, quer dazu aber auf kürzere Länge gestaucht. Das Fasergitter wird wie eine Nürnberger Schere parallelogrammartig verformt, für die Umformung der anfänglich rechteckigen Gitterstruktur in eine parallelogrammförmige Gitterstruktur wird viel Energie benötigt. Diese hohe innere Reibungsarbeit bewirkt eine gute Strukturdämpfung.

Schaffung einer Struktur mit diskontinuierlichem Elastizitätsmodul durch Einlagern von Schichten mit unterschiedlicher Steifigkeit (z. B. anderer Faserwerkstoff) oder Eingeben spezieller Füllstoffe in das Matrixharz sind weitere mögliche Maßnahmen, um die innere Dämpfung eines Faserverbundbauteils zu erhöhen.

Ein Konuswinkel im Stillstand kann zusätzlich die Dämpfung erhöhen: Wenn z. B. bei einem Flugzeugpropeller sich die Blätter bei Stillstand nicht exakt in der gedachten Propellerkreisebene befinden, sondern die Blattspitzen etwas weiter hinten liegen wie bei einer Flügel Pfeilung, dann biegen sich bei Betrieb des Propellers die Blätter infolge Fliehkraft und Schub nach vorn, in Richtung Propellerkreisebene, oder sogar darüber hinaus noch weiter nach vorn.

Bei einem Propeller mit Stillstand-Konuswinkel wird also der Verformung, die das Blatt von der Schnellflugstellung in die Langsamflugstellung nach vorn durchführt, noch eine zusätzliche Verformung überlagert, nämlich die Verformung von der Stillstandsstellung zur Schnellflugstellung. Durch einen Stillstand-Konuswinkel wird die Verformung in der torsionsweichen Zone größer und findet auf einem höheren Spannungsniveau statt, es entsteht infolge Hysterese höhere innere Reibungsarbeit, also auch eine bessere Dämpfung.

Bei einem erfindungsgemäßen Luftschraubenblatt wird die torsionsweiche, zugsteife Zone vorzugsweise aufgebaut aus einem zentralen Strang aus parallel verlaufenden Fasern in Blatt-Längsrichtung zur Aufnahme der Fliehkraft und darüber geschichtetem Laminat mit gekreuzten Aramidfasern zur Dämpfung. Der Luftschrauben-Querschnitt ist im Bereich der Verstellzone so weit eingeschnürt (tailliert), daß eine Verformung durch die Schubkraft möglich ist. Je nach erforderlicher Dämpfung ist ein Stillstand-Konuswinkel vorgesehen.

Die Verwendung von elastischen Faserverbundwerkstoffen mit hoher innerer Dämpfung ermöglicht eine kostengünstige, leichte, dauerhafte und zuverlässige Bauweise einer steigungs-selbstregelnden Luftschraube.

Bei Verwendung der selbstregelnden Luftschraube als treibender Propeller, z. B. bei einem Flugzeug, kann durch die automatische Anpassung die Motorleistung bei allen Geschwindigkeiten voll ausgenutzt werden.

Außerdem lassen sich sehr hohe Drehzahlen vermeiden, die zu Schallgeschwindigkeit an den Blattspitzen führen und viel Lärm verursachen würden.

Bei Verwendung der selbstregelnden Luftschraube z. B. in einer Windenergieanlage können durch die automatische Anpassung bei Sturm zu hohe Drehzahlen ver-

mieden werden, die zu Überlastung der Anlage führen könnten.

Anhand von Ausführungsbeispielen wird die Erfindung näher erläutert.

Dazu zeigt die Zeichnung in

Fig. 1 eine Luftschraube mit Luftschraubenblatt (1) mit schräggestellter torsionsweicher Zone (2) und Blattfußbereich (3) zur Befestigung an einer Welle (4) gezeichnet als antreibender Propeller für z. B. ein Flugzeug,

Fig. 2 ein steigungs-selbstregelndes Luftschraubenblatt (1) mit Konuswinkel im Stillstand, bei Stillstand mit dem Konuswinkel (A1) und dem Profileinstellwinkel (B1),

bei Schnellflug mit dem Konuswinkel (A2) und dem Profileinstellwinkel (B2), und bei Langsamflug oder Start mit dem Konuswinkel (A3) und dem Profileinstellwinkel (B3),

Fig. 3 einen schematischen Lageraufbau eines zugsteifen, torsionsweichen Faserverbund-Laminats mit hoher Dämpfung als Querschnitt für die torsionsweiche Zone.

In der Querschnittsmitte sind parallele Fasern (5) in Blattlängsrichtung angeordnet zur Fliehkraftaufnahme, in den äußeren Randbereichen sind Laminare mit gekreuzten Fasern (6) angeordnet, ein weicherer Aufbau als innen, der die Verstellung des Luftschraubenblattes ermöglicht und eine Dämpfung bewirkt.

Patentansprüche

1. Steigungs-selbstregelnde Luftschraube mit einem oder mehreren Blättern, dadurch gekennzeichnet, daß im nabennahen Bereich eines Luftschraubenblattes eine torsionsweiche, aber zugsteife Zone aus Faserverbundwerkstoff mit hoher Dämpfung ein Verdrehen des Blattes zur Steigungsänderung zuläßt.

2. Luftschraube nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die torsionsweiche, aber zugsteife Zone wenig Bauhöhe hat und aus einem elastischen Faserverbund-Laminataufbau besteht, der zwischen dem profilierten, torsions- und biegesteifen Luftschraubenblatt und dem Bereich für die Befestigung des Blattes an der Luftschraubenwelle angeordnet ist.

3. Luftschraube nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß sich die torsionsweiche, aber zugsteife Zone vorzugsweise in der Luftschrauben-Kreisebene liegend als schmale Zone mit der Hauptrichtung nicht senkrecht zur Spannweitenrichtung des Blattes, sondern schräg dazu erstreckt.

4. Luftschraube nach Anspruch 1—3, dadurch gekennzeichnet, daß die torsionsweiche Zone am Blattfuß wie ein elastisches Scharnier wirkt und durch seine Schrägstellung bei Vorwärts- oder Rückwärts-Klappen des Blattes auch eine Veränderung der Steigung erwirkt wird.

5. Luftschraube nach Anspruch 1—4, dadurch gekennzeichnet, daß in Anordnung eines treibenden Propellers (Anwendung z. B. bei einem Flugzeug) die Schrägstellung der torsionsweichen Zone so ist, daß bei Klappung des Blattes nach vorn in Flugrichtung der Profileinstellwinkel verkleinert wird.

6. Luftschraube nach Anspruch 1—4, dadurch gekennzeichnet, daß in Anordnung einer getriebenen Luftschraube (Anwendung z. B. bei einer Windmühle) die Schrägstellung der torsionsweichen Zo-

Das ist
kein
"Scharnier"
wie beim
AC-Rotor

ne so ist, daß bei Klappung des Blattes in Windrichtung der Profileinstellwinkel verkleinert wird.

7. Luftschraube nach Anspruch 1—4, dadurch gekennzeichnet, daß das Faserverbund-Laminat in der dünnen, torsionsweichen Zone mehrschichtig ausgebildet ist und in mittleren Schichten eine Faseranordnung hauptsächlich in Radialrichtung zur Aufnahme der Fliehkraft, in den Randschichten eine Faseranordnung vorzugsweise gekreuzt vorzugsweise aus Aramid zwecks hoher Dämpfung bei elastischer Verformung aufweist.

8. Luftschraube nach Anspruch 1—4, 7, dadurch gekennzeichnet, daß ein Luftschraubenblatt bei Stillstand in Flugrichtung gesehen nach vorn oder nach hinten schräg aus der gedachten ebenen Luftschrauben-Kreisfläche herausragt, durch solch einen Konuswinkel also auf einer Konusfläche läuft und bei Drehbewegung infolge der Fliehkraft aus dieser Konuswinkel-Stellung in Richtung Kreisflächenebene gebogen wird.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

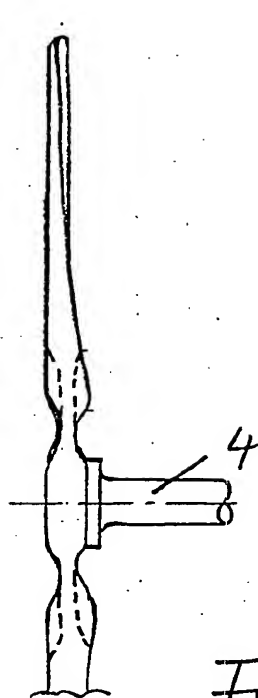


Fig. 1

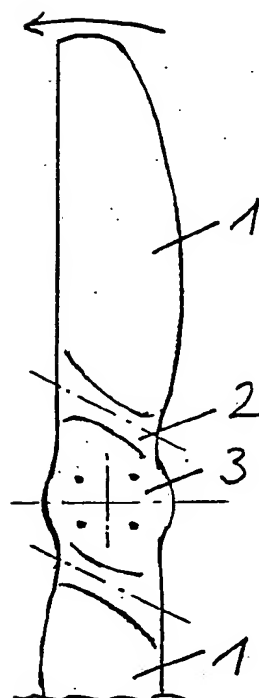


Fig. 2

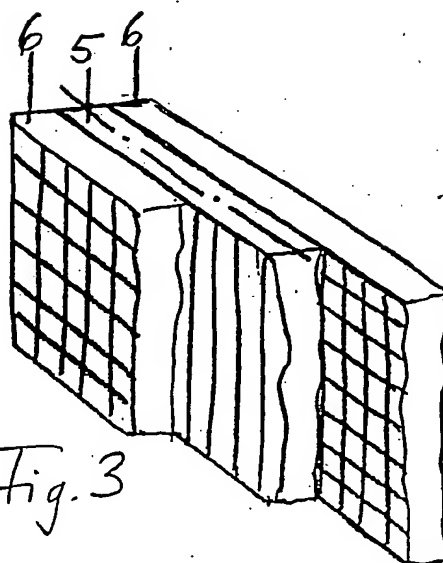
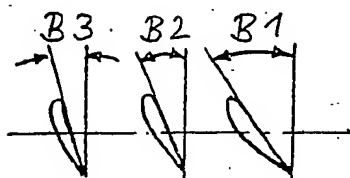


Fig. 3